

97P3570



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND

①2 Offenlegungsschrift
①0 DE 43 02 574 A 1

⑤1 Int. Cl. B2 (2)
G 05 B 13/02
G 06 F 15/18



DEUTSCHES
PATENTAMT

②1 Aktenzeichen: P 43 02 574.9
②2 Anmeldetag: 29. 1. 93
④3 Offenlegungstag: 4. 8. 94

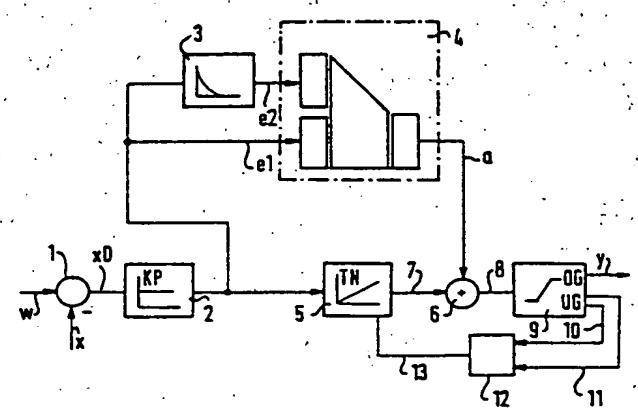
BEST AVAILABLE COPY

⑦1 Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

⑦2 Erfinder:
Mohr, Dieter, Dipl.-Ing., 7519 Gondelsheim, DE

⑤4 Regler zur Regelung in einem geschlossenen Regelkreis

⑤7 Die Erfindung betrifft einen Regler, der einen Fuzzy-Regler (4) enthält, zur Regelung in einem geschlossenen Regelkreis. Weiterhin sind ein Proportionalglied (2), ein Integrierglied (5) und ein Differenzierglied (3) vorhanden, die in Abhängigkeit von der Regeldifferenz (x_D) einen Proportionalanteil (e_1), einen Integralanteil (7) bzw. einen Differentialanteil (e_2) erzeugen. Der Proportionalanteil (e_1) und der Differentialanteil (e_2) sind Eingangsgrößen des Fuzzy-Reglers (4), dessen Ausgangsgröße (a) zusammen mit dem Integralanteil (7) auf einen Summierer (6) geführt ist. Das Verhalten des Reglers kann durch die Einstellung seiner Parameter von dem eines reinen konventionellen PID-Reglers bis zu dem eines Fuzzy-Reglers variiert werden. Die Erfindung wird angewandt in der Prozeßautomatisierung.



DE 43 02 574 A 1

Die Erfindung bezieht sich auf einen Regler zur Regelung in einem geschlossenen Regelkreis gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Die Grundlagen der Fuzzy-Regler sind z. B. aus dem Aufsatz "Fuzzy Control — heuristische Regelung mittels unscharfer Logik" von Hans-Peter Preuß, veröffentlicht in "atp" (1992) 4, Seiten 176 bis 183, und "atp" (1992) 5, Seiten 239 bis 246, bekannt. Die dort beschriebenen Fuzzy-Regler werden zur Regelung, Steuerung, Prozeßoptimierung sowie für heuristische Strategien mit den Mitteln der Fuzzy-Logik eingesetzt. Derartige Fuzzy-Regler haben den Vorteil, daß die Anzahl ihrer Ein- und Ausgangsgrößen grundsätzlich beliebig sein kann. Zum Entwurf eines Fuzzy-Reglers werden zunächst die numerischen Wertebereiche der Ein- und Ausgangsgrößen durch linguistische Werte, wie "klein", "mittel" oder "groß", qualitativ charakterisiert. Jeder linguistische Wert wird durch eine Zugehörigkeitsfunktion beschrieben. Diese quantifiziert die qualitative Aussage eines linguistischen Wertes in der Weise, daß sie ihren Wahrheitswert für jeden auftretenden zahlenmäßigen Wert einer Eingangsgröße angibt. Durch diesen Vorgang, der auch als Fuzzifizierung bezeichnet wird, wird der Betriebsbereich der betrachteten Eingangsgrößen in "unscharfe" Teilbereiche unterteilt. Die Anzahl der Teilbereiche entspricht der Anzahl linguistischer Werte einer Eingangsgröße, bei mehreren Eingangsgrößen der Anzahl der Kombinationsmöglichkeiten von linguistischen Werten verschiedener Eingangsgrößen. Für jeden dieser Teilbereiche oder auch zusammengefaßt für mehrere Teilbereiche wird die Regelungsstrategie durch WENN-DANN-Regeln bestimmt. Diese Regeln werden in einer Regelbasis hinterlegt. In jeder Regel wird für eine Kombination von linguistischen Werten der Eingangsgrößen, z. B. durch eine Verknüpfung mit den Operatoren "UND" oder "ODER", im Bedingungsteil eine Folgerung als linguistischer Wert für jeweils eine der Ausgangsgrößen bestimmt. Zur Berechnung der Wahrheitswerte der Bedingungsteile werden die aus den Zugehörigkeitsfunktionen der einzelnen Eingangsgrößen ermittelten Wahrheitswerte entsprechend den in den Regeln verwendeten Operatoren verknüpft. In der als Inferenz bezeichneten Berechnung der Folgerungen der einzelnen Regeln wird beispielsweise die in einer Regel durch den entsprechenden linguistischen Wert benannte Zugehörigkeitsfunktion der Ausgangsgröße auf den Wahrheitswert begrenzt, den der Bedingungsteil der Regel liefert. Bei der sogenannten Komposition werden die Wirkungen der Regeln bezüglich einer Ausgangsgröße einander überlagert, z. B. durch eine Maximalwertbildung aller Zugehörigkeitsfunktionen der Ausgangsgröße. Zum Schluß erfolgt die als Defuzzifizierung bezeichnete Berechnung des Wertes der Ausgangsgröße. Dies geschieht z. B. durch Berechnung der Lage des Schwerpunktes der von allen begrenzten Zugehörigkeitsfunktionen eingeschlossenen Fläche über dem Wertebereich der Ausgangsgröße.

Fuzzy-Regler werden vorteilhaft dort eingesetzt, wo es komplexe Prozesse, wie Mehrgrößensysteme, stark nichtlineare oder zeitvariante Systeme, zu führen gilt, die mit konventionellen Reglern, z. B. einem PID-Regler, nur schwer zu handhaben sind. Der Übergang auf einen Fuzzy-Regler bedeutet aber ein Auftrennen des bereits vorhandenen Regelkreises und einen Ersatz des konventionellen Reglers durch einen Fuzzy-Regler mit einem anderen, u. U. schwer vorhersehbaren Regelver-

halten.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Regler zu schaffen, dem durch geeignete Parametrierung je nach Bedarf PID- oder Fuzzy-Verhalten oder eine geeignete Kombination aus beiden verliehen werden kann.

Zur Lösung dieser Aufgabe weist der neue Regler der eingangs genannten Art die im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 genannten Merkmale auf. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen 2 bis 4 angegeben.

Die Erfindung hat den Vorteil, daß sie durch die spezielle Kombination eines Fuzzy-Reglers mit regelungstechnischen Bausteinen, wie Integrierglied, Differenzierglied und Summierer, einen stufenlosen Übergang von einem konventionellen Regler zu einem Fuzzy-Regler ermöglicht. Der Fuzzy-Regler kann derart vor eingestellt werden, daß er wie ein Summierglied wirkt und daß die Reglerstruktur einem PID-Regler entspricht. Durch Änderungen am Regelwerk oder an den Zugehörigkeitsfunktionen des Fuzzy-Reglers kann der Regler auf nichtlineare Strecken optimiert werden.

Anhand der Zeichnungen, in denen ein Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt ist, werden im folgenden die Erfindung sowie Ausgestaltungen und Vorteile näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 einen Regler,

Fig. 2 Zugehörigkeitsfunktionen der Eingangsgrößen des Fuzzy-Reglers,

Fig. 3 Zugehörigkeitsfunktionen der Ausgangsgröße des Fuzzy-Reglers und

Fig. 4 ein Regelwerk des Fuzzy-Reglers in Matrixschreibweise.

Dem in Fig. 1 dargestellten Regler ist in einem geschlossenen Regelkreis ein Subtrahierer 1 zum Vergleich eines Sollwertes w mit einem Ist-Wert einer Regelgröße x vorgeschaltet. Eine so ermittelte Regeldifferenz x_D wird in dem Regler auf ein Proportionalglied 2 geführt und mit einem Verstärkungsfaktor K_P multipliziert. Sowohl die verstärkte Regeldifferenz x_D als auch deren mit einem Differenzierglied 3 ermittelte Ableitung bilden die Eingangssignale e_1 bzw. e_2 eines Fuzzy-Reglers 4. Zudem wird das verstärkte Regeldifferenzsignal x_D auch einem Integrierglied 5 zugeführt, dem ein Summierer 6 nachgeschaltet ist. Der Summierer 6 überlagert der Ausgangsgröße 7 des Integrierglieds 5 eine Ausgangsgröße a , die durch den Fuzzy-Regler 4 erzeugt wird. Ein so gebildetes Summensignal 8 wird noch auf einen Begrenzer 9 geführt, der es auf einen oberen Grenzwert OG und einen unteren Grenzwert UG begrenzt. Dieser gibt Meldesignale 10 und 11 aus, mit denen in einem Verknüpfungsglied 12 eine Grenzwertmeldung 13 gebildet wird, die auf den Integrierer 5 geführt ist. Auf diese Weise kann der Integrierer 5 angehalten werden, sobald das Summensignal 8 einen der beiden Grenzwerte OG oder UG erreicht. Ausgangsgröße des Begrenzers 9 und damit des Reglers ist eine Stellgröße y , mit der in den zu regelnden Prozeß eingegriffen wird. Wenn sich der Fuzzy-Regler 4 ähnlich einem Summierer verhält, entsprechen die Eingangsgrößen e_1 und e_2 sowie die Ausgangsgröße 7 des Integrierglieds 5 dem Proportionalanteil, Differentialanteil bzw. Integralanteil eines konventionellen PID-Reglers. Näherungsweise wird dies mit den Zugehörigkeitsfunktionen nach Fig. 2 und 3 sowie mit einem Regelwerk nach Fig. 4 erreicht, welche als Voreinstellung des Fuzzy-Reglers 4 für die Inbetriebnahme gewählt werden können.

Nach den Fig. 2 und 3 werden die Eingangsgrößen e_1 und e_2 sowie die Ausgangsgröße a des Fuzzy-Reglers 4 in sieben Bereiche unterteilt. Diesen Bereichen sind jeweils linguistische Werte NG (negativ groß), NM (negativ mittel), NK (negativ klein), N (nahe Null), PK (positiv klein), PM (positiv mittel) und PG (positiv groß) zugeordnet und sind gleichmäßig über den Wertebereich der Eingangsgrößen e_1 , e_2 verteilt, wobei sie sich jeweils bis zur Hälfte überlappen. Für die Ausgangsgröße a können gemäß Fig. 3 Singletons oder rechteckförmige Zugehörigkeitsfunktionen eingesetzt werden. In diesem Ausführungsbeispiel können die Eingangsgrößen e_1 und e_2 sowie die Ausgangsgröße a Werte annehmen, die zwischen -100 und 100 liegen. Als Inferenz-Methode kann die bekannte MIN-MAX-Inferenz mit vereinfachter Schwerpunktberechnung dienen. Auch die bekannte MAX-Prod-Inferenz-Methode ist anwendbar, wobei dann Zugehörigkeitsfunktionen in Dreiecksform für die Ausgangsgröße a vorteilhaft sind.

Das Regelwerk nach Fig. 4 ist bezüglich der Diagonale, die von links unten nach rechts oben verläuft, symmetrisch aufgebaut. Die Diagonale ist mit dem linguistischen Wert N belegt. Je weiter ein Bereich nach links oben oder nach rechts unten von dieser Diagonale entfernt ist, um so kleiner bzw. größer ist der ihm zugeordnete linguistische Wert. Ein Fuzzy-Regler, der die Zugehörigkeitsfunktionen nach den Fig. 2 und 3 und ein Regelwerk nach der Fig. 4 aufweist, wirkt annähernd wie ein Summationsglied mit Begrenzung. Ein Regler nach Fig. 1, dessen Fuzzy-Regler 4 derart eingestellt ist, entspricht somit einem konventionellen PID-Regler mit begrenztem PD-Anteil.

Durch schrittweises Ändern der Zugehörigkeitsfunktionen oder des Regelwerks kann das Verhalten des Reglers von dem eines reinen PID-Reglers hin zu dem eines reinen Fuzzy-Reglers verändert werden. Vorteilhaft bleibt aber dabei die stationäre Genauigkeit durch das Integrierglied 5 erhalten. Wenn eine weitere Ausgangsgröße des Fuzzy-Reglers auf das Integrierglied 5 zur Veränderung der Zeitkonstante TN geführt wird, sind alle konventionellen Reglerelemente des Reglers durch den Fuzzy-Regler beeinflussbar. Selbstverständlich ist der Regler auch dahingehend erweiterbar, daß zusätzlich zu den Eingangsgrößen e_1 , e_2 noch weitere Prozeßgrößen auf den Fuzzy-Regler geführt und in die Regelstrategie einbezogen werden.

Patentansprüche

1. Regler zur Regelung in einem geschlossenen Regelkreis, wobei der Regler einen Fuzzy-Regler (4) enthält, dadurch gekennzeichnet,

- daß weiterhin ein Proportionalglied (2), ein Integrierglied (5) und ein Differenzierglied (3) vorhanden sind, die in Abhängigkeit von der Regeldifferenz (x_D) einen Proportionalanteil (e_1), einen Integralanteil (7) bzw. einen Differentialanteil (e_2) erzeugen,
- daß der Integralanteil (7) auf einen Summierer (6) geführt ist, welcher die Stellgröße (y) liefert, und
- daß der Proportionalanteil (e_1) und der Differentialanteil (e_2) Eingangsgrößen des Fuzzy-Reglers (4) sind, dessen Ausgangsgröße (a) auf den Summierer (6) geführt ist.

2. Regler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

- daß der Fuzzy-Regler (4) derart einstellbar

ist, daß er ein Verhalten aufweist, das dem eines Summierers ähnlich ist.

3. Regler nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,

- daß der Fuzzy-Regler (4) eine weitere Ausgangsgröße erzeugt, die auf das Integrierglied (5) zur Einstellung des Parameters (TN) geführt ist.

4. Regler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,

- daß dem Summierer (6) ein Begrenzer (9) nachgeschaltet ist, welcher ein Grenzwertmeldesignal (13) erzeugt, das auf das Integrierglied (5) zum Anhalten des Integrierens bei Erreichen eines oberen oder unteren Grenzwerts der Stellgröße (y) geführt ist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

FIG 2

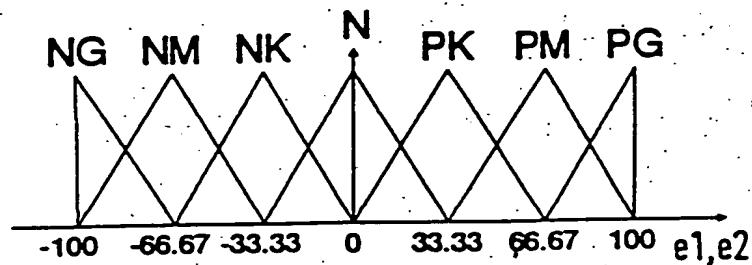


FIG 3

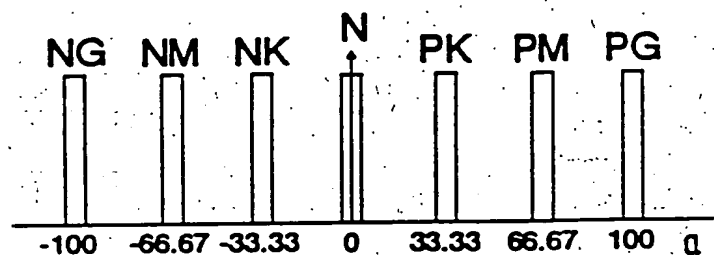
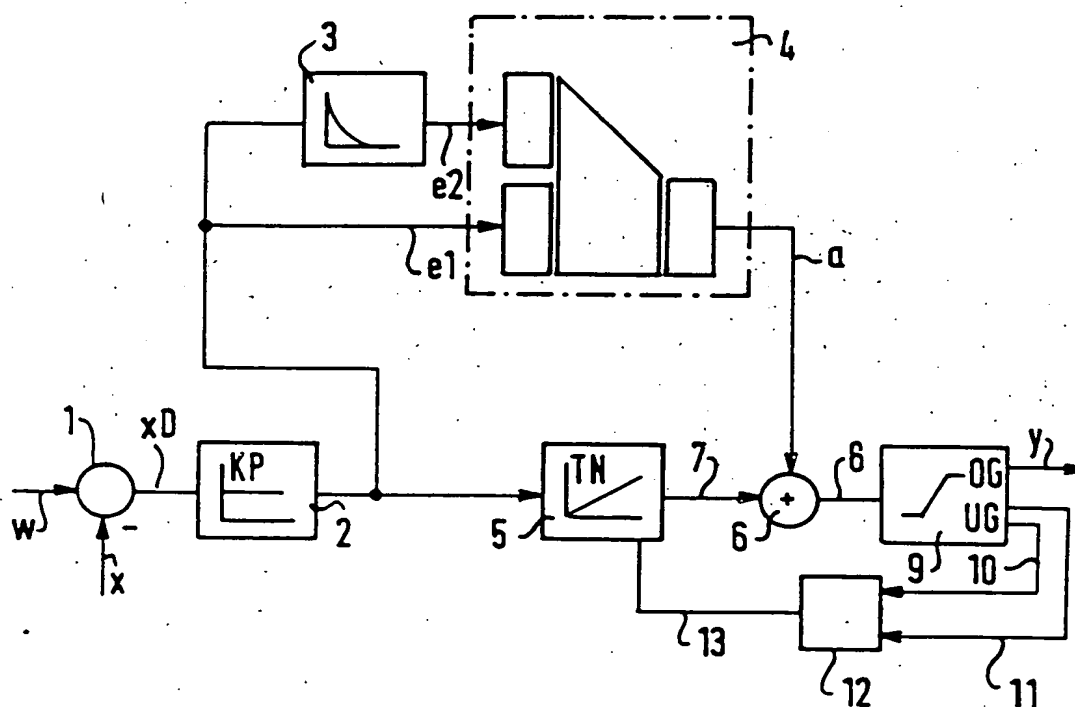


FIG 4

		e1						
		NG	NM	NK	N	PK	PM	PG
e2	NG	NG	NG	NG	NG	NM	NK	N
	NM	NG	NG	NG	NM	NK	N	PK
	NK	NG	NG	NM	NK	N	PK	PM
	N	NG	NM	NK	N	PK	PM	PG
	PK	NM	NK	N	PK	PM	PG	PG
	PM	NK	N	PK	PM	PG	PG	PG
	PG	N	PK	PM	PG	PG	PG	PG

FIG 1



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☒ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)